

## **Адаптивный последовательный связной интерфейс для микроконтроллерной системы управления дозаторами**

В статье изложена реализация адаптивного связного интерфейса в микроконтроллерных системах управления при использовании линии связи с изменяющимися параметрами.

**микропроцессорная техника, передача данных, системы управления, локальные сети**

В настоящее время для передачи данных в микроконтроллерных системах используются последовательные интерфейсы RS-232, RS-485, SPI, I2C, 1-Wire и другие. Задачей интерфейса является достоверная передача данных от одного контроллера к другому. Интерфейс может функционировать при условии соблюдения требований и спецификаций, определяемых стандартом для каждого интерфейса.

Основными параметрами, влияющими на работу интерфейса являются:

- максимальная длина линии связи;
- максимальное активное сопротивление линии связи;
- максимальная емкость линии связи;
- максимальная активная нагрузка (количество подключенных устройств).

Стабильность работы интерфейса гарантируется при условии соблюдения всех требований. Однако, на практике часто встречаются ситуации, когда изменение одного параметра влечет за собой изменение других параметров и работа интерфейса становится нестабильной (ошибки при передаче данных). Например, при увеличении длины линии связи увеличивается общее сопротивление и емкость линии, что неизбежно приводит к необходимости снижения скорости передачи данных и производительности интерфейса.

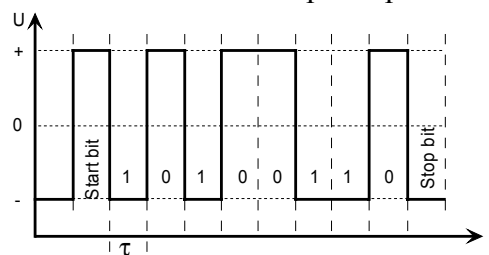
Проблема состоит в том, что последовательные интерфейсы RS-232 и RS-485 имеют фиксированные значения частот, на которых осуществляется передача данных от передатчика к приемнику. Значения этих частот обычно кратны 2. То есть, если параметры линии связи меняются на 10% в неблагоприятную сторону, то для устойчивой работы интерфейса необходимо снизить частоту обмена данными вдвое.

Поскольку параметры линии связи могут изменяться со временем, или в связи с изменением условий эксплуатации (погодные условия, температура окружающей среды, переменная активная нагрузка и т.д.), то для обеспечения устойчивой работы интерфейса скорость передачи данных далеко не всегда выбирается оптимальной.

Решением проблемы является адаптивное изменение скорости передачи данных для каждой конкретной линии связи в конкретных условиях эксплуатации. Однако, при существующих стандартах на скорость передачи данных по интерфейсу, скорость может изменяться дискретно минимум в два раза, что не позволяет эффективно реализовать механизм адаптивности для системы передачи данных.

Например, байт данных 65H, передаваемый по интерфейсу RS-232 имеет формат, представленный на рис. 1. Длительность каждого бита в байте фиксирована и технологический запас изменения длительности бита составляет не более 10%. Поэтому использование интерфейсов с фиксированными значениями частот обмена

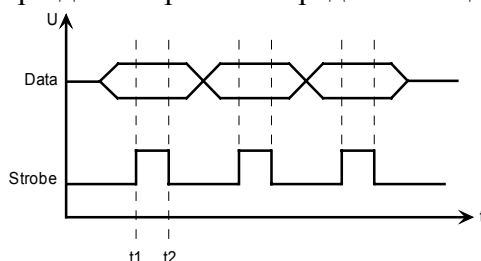
данными не является решением задачи адаптивности интерфейса к условиям эксплуатации, в которых происходит изменение параметров линии связи.



$\tau$  – длительность битового интервала

Рисунок 1 – Передача байта данных по последовательному интерфейсу RS-232

Более гибкими являются интерфейсы, в которых данные стробируются импульсом синхронизации (рис. 2). К таким интерфейсам относятся I2C и SPI. При использовании этих интерфейсов скорость передачи данных может изменяться в широких пределах без потери достоверности передаваемых данных.



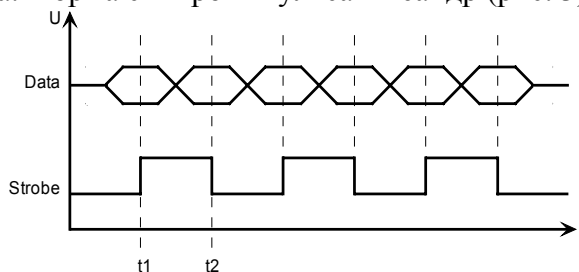
$t_1$  – активный фронт,  $t_2$  – пассивный фронт

Рисунок 2 – Передача данных по последовательному интерфейсу со стробированием

Тем не менее, максимальная производительность интерфейса для конкретного микроконтроллера ограничивается быстродействием логики обработки поступающих данных, а именно: данные считаются достоверными в момент поступления активного фронта импульса синхронизации. Следующий активный фронт будет фиксироваться только после того, как будет обнаружен пассивный фронт синхроимпульса.

То есть, при обмене данными по интерфейсу со стробированием, микроконтроллер выполняет операции идентификации активного и пассивного фронта синхроимпульса, что влечет за собой значительное снижение максимально возможной производительности последовательного интерфейса.

Для системы управления дозаторами был разработан последовательный интерфейс со стробированием, в котором активными являются передний и задний фронт синхроимпульса. Форма синхроимпульса - меандр (рис. 3).



$t_1$  – активный фронт,  $t_2$  – активный фронт

Рисунок 3 – Стробирование данных синхроимпульсом с двумя активными фронтами

При использовании такого интерфейса микроконтроллеру не требуется выполнять лишних операций для идентификации пассивного фронта синхроимпульса.

Скорость передачи данных по такому интерфейсу увеличивается в два раза по сравнению с типовыми интерфейсами со стробированием (I2C, SPI) и определяется выражением (1):

$$S_{byte} = \frac{T}{\sum_{i=1}^8 \left( \frac{F_m K}{n} \right)^i}, \quad (1)$$

где  $S_{byte}$  – скорость передачи байта данных;

$T$  – период измерения = 1 сек.;

$F_m$  – тактовая частота микроконтроллера;

$K$  – количество команд в процедуре приема бита  $i$ ;

$n$  – количество тактов, за которое выполняется одна команда микроконтроллера;

$i$  – количество битов.

Сравнительные испытания быстродействия интерфейсов RS-232, I2C и разработанного интерфейса показали его значительное преимущество.

Все интерфейсы были реализованы программно на микроконтроллере PIC16F84A с тактовой частотой 4 МГц. Длина линии связи составляла 200 м.

Максимальная скорость передачи данных по интерфейсу RS-232 составила около 1 Кб/сек. (9,6 кБод).

Максимальная скорость передачи данных по интерфейсу I2C составила около 1,2 Кб/сек. (около 11 кГц). В данном интерфейсе учитывались только скоростные параметры интерфейса без учета задержек протокола.

Разработанный интерфейс показал максимальную скорость передачи данных в 3,1 Кб/сек. (25 кГц). Длительность импульса данных и синхроимпульса составляла 40 мкс. Адаптивность интерфейса реализована на основе разработанного протокола обмена данными, в систему команд которого включена команда проверки максимальной скорости обмена данными в моменты времени, когда отсутствует обмен данными между микроконтроллерами. Определение максимальной скорости передачи данных осуществляется в соответствии со следующим алгоритмом:

- передача и прием тестовой последовательности данных с линейным увеличением скорости передачи;
- при возникновении ошибки скорость передачи фиксируется на уровне минус 10% от скорости, на которой зафиксированы ошибки передачи.

Данный интерфейс позволяет эффективно реализовывать адаптивные системы обмена данными в различных системах управления технологическими процессами, в которых эксплуатационные характеристики линии связи изменяются под влиянием окружающей среды и других неблагоприятных факторов.

## Список литературы

1. Блэк Ю. Сети ЭВМ: протоколы, стандарты, интерфейсы. - М.: Мир 1990. - 506 с.
2. Скляр Б. Цифровая связь. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 1104 с.
3. Proakis J.G. Digital Communications. – New York.: McGraw-Hill Book Company, 1983. – 624 с.
4. Microchip Technology Incorporation. 18-Pin Flash/EEPROM 8-Bit Microcontrollers. Data Sheet. USA 1999г.

У статті викладена реалізація адаптивного зв'язного інтерфейсу в мікроконтролерних системах керування при використанні лінії зв'язку з параметрами, що змінюються.

In clause the realization of the adaptive serial interface for microcontroller's control systems with using the communication line with varied parameters is stated .